



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nlegungsschrift  
⑩ DE 41 07 299 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
G 01 M 11/02  
G 02 B 7/00  
G 02 B 7/02

⑳ Aktenzeichen: P 41 07 299 5  
㉑ Anmeldetag: 7. 3. 91  
㉒ Offenlegungstag: 10. 9. 92

DE 41 07 299 A 1

㉑1 Anmelder:

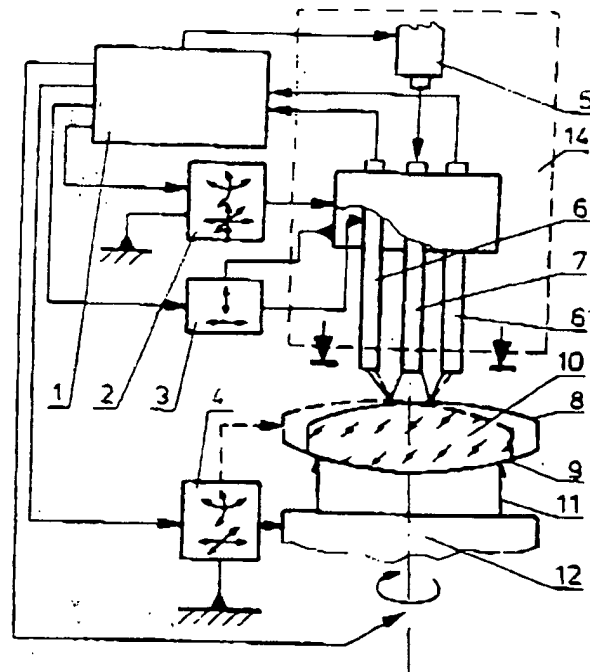
Mollenhauer, Olaf, Dipl.-Ing., O-6327 Ilmenau, DE;  
Gesell, Bodo, O-6316 Stützerbach, DE; Springsuth,  
Stephan, O-6300 Ilmenau, DE

㉑2 Erfinder:

gleich Anmelder

㉑4 Verfahren und Anordnung zur berührungslosen Erfassung und/oder Justierung des Zentrierungsfehlers optisch wirksamer Flächen

㉑5 Verfahren und Anordnung zur berührungslosen Erfassung und Justierung des Zentrierungsfehlers optisch wirksamer Flächen, insbesondere von optischen Linsen, Spiegeln u. ä. mittels faseroptischen Sensors.  
Ein Strahlungsbündel wird von der rotierenden optisch wirksamen Fläche reflektiert und vom faseroptischen Sensor empfangen. Der Zentrierungsfehler der optisch wirksamen Fläche bezüglich einer mechanischen Aufnahme wird als Amplitude des sich periodisch ändernden Lichtstromes vom faseroptischen Sensor registriert und mit Justiermanipulatoren durch Verschieben und/oder Verkippen des optischen Bauelementes verringert.



DE 41 07 299 A 1

## DE 41 07 299 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur berührungslosen Erfassung und/oder Justierung des Zentrierungsfehlers optisch wirksamer Flächen, insbesondere rotationssymmetrischer, sphärischer optischer Bauelemente mit reflektierenden Oberflächen. Der Einbau von optischen Bauelementen, insbesondere von rotatorischen optischen Linsen und Spiegeln, in Geräten oder Baugruppen setzt die Fixierung der optischen Achse dieser optischen Bauelemente bezüglich einer mechanischen Achse voraus. Weicht die optische Achse von einer geforderten Lage bezüglich der mechanischen Achse ab, so liegt eine Dezentrierung vor. Zur Gewährleistung des funktionellen Zusammenhangs der optischen Bauelemente in Baugruppen oder Geräten, die sie enthalten, muß der Zentrierungsfehler hinreichend beseitigt werden. Dabei spielen Verfahren und Anordnungen, mit denen die Lage der optischen Bauelemente bezüglich einer mechanischen Aufnahme gezielt verändert wird, eine besondere Rolle.

Der bekannte Stand der Technik beschreibt Verfahren, bei denen eine auf einer Ringschneide aufliegende und um eine Systemachse rotierende Linse mittels Autokollimationsverfahren o.a. hinsichtlich ihrer Relativlage zur Rotationsachse kontrolliert und durch Manipulation zentriert wird.

Dabei werden beide optisch wirksamen Flächen mittels eines Reflexbildgerätes von einer Seite bzw. mit zwei gegenüber der jeweiligen Fläche angeordneten Reflexbildgeräten überprüft.

Der technische Aufwand und die Anforderungen hinsichtlich einer dabei notwendigen Vorzentrierung der Linse sowie exakten geometrischen Anordnung des Reflexbildgerätes und Justiereinrichtung ist hoch und die meßtechnische Auswertung der Lage der Linse zur Rotationsachse bei ungünstiger Lage der Krümmungsmittelpunkte der optisch wirksamen Flächen problematisch.

Die Erfassung der Dezentrierung der Linse erfolgt durch visuelle und elektronische Auswertung eines optischen Signals. Eine elektronische Auswertung erfolgt beispielsweise mittels ortsabhängiger oder ortsunabhängiger fotoelektrischer Sensoren.

Bekannt sind fotoelektrische Empfänger (US-PS 1 09 217, US-PS 35 42 476), bei denen die Empfängerfläche in vier Teilsektoren aufgeteilt ist, wodurch eine Ortsauflösung ermöglicht wird. Weiterhin sind Anordnungen ortsunabhängiger Empfänger bekannt, bei denen das optische Signal mit drehbarer Halbblyende (DD-PS 2 45 058) oder Graukeil (DD-PS 1 39 311) moduliert und die Intensitätsänderung elektronisch ausgewertet wird.

Der Nachteil bei diesen Verfahren liegt in dem hohen Aufwand bei der elektronischen Auswertung sowie der aufwendigen Justierung der Auswerteeinrichtungen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anordnung zur berührungslosen Erfassung und Justierung des Zentrierungsfehlers optisch wirksamer Flächen, insbesondere rotationssymmetrischer, sphärischer optischer Bauelemente mit reflektierenden Oberflächen, zu schaffen, wobei die den Zentrierungsfehler hervorrufende Dezentrierung der optisch wirksamen Flächen bezüglich einer mechanischen Aufnahme Sensors erfasst und die Lage des optischen Bauelements gezielt verändert werden soll, bis eine zentrierte Lage bezüglich der mechanischen Aufnahme vorliegt.

Hinsichtlich des Verfahrens wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zunächst nach dem

Anfahren einer Ausgangsposition zwischen einem faseroptischen Sensor und der mit einem Zentrierungsfehler behafteten optisch wirksamen Fläche eine rotatorische Relativbewegung eingeleitet wird.

Nachfolgend wird der faseroptische Sensor derart positioniert, daß Anteile eines vom senderseitigen Lichtwellenleiter des faseroptischen Sensors ausgesendeten Strahlungsbündels nach Reflexion an der optisch wirksamen Fläche von den empfängerseitigen Lichtwellenleiter des faseroptischen Sensors empfangen werden.

Durch das sich anschließende Verschieben und/oder Verkippen wird die Lage des optischen Bauelementes so verändert, daß sich die Amplitude des von dem senderseitigen Lichtwellenleiter empfangenen periodischen Signals, dessen Amplitude durch den Zentrierungsfehler und die Frequenz durch die Umdrehungsgeschwindigkeit der rotatorischen Relativbewegung bestimmt ist, verringert. Der Vorgang der Positionierung des faseroptischen Sensors mit anschließender Manipulation des optischen Bauelementes wird solange wiederholt, bis der Wechselanteil des empfangenen Signals hinreichend klein ist. Die erfindungsgemäße Anordnung besteht aus einer Aufnahme, auf der sich die optisch wirksame Fläche befindet, mindestens einem, die Lage der optisch wirksamen Fläche verändernden, von einer Positioniereinrichtung bewegten Justiermanipulator und einer Auswerte- und Steuerungseinrichtung mit faseroptischem Sensor sowie einem eine rotatorische Relativbewegung zwischen Aufnahme und faseroptischen Sensor erzeugenden Antrieb mit Lageerkennung wobei vor der optisch wirksamen Fläche ein mit einer Positioniereinrichtung verbundener faseroptischer Sensor angeordnet ist.

Eine Anpassung an die geometrisch optischen Eigenschaften der optisch wirksamen Fläche, die die Abbildung des senderseitigen Strahlungsbündels auf den faseroptischen Sensor beeinflusst, erfolgt durch senderseitige und empfängerseitige Lichtwellenleiter, die über eine mit ihnen verbundene Positioniereinrichtung zu einander verschiebbar und/oder verkipptbar sind, oder mehrere empfängerseitigen Lichtwellenleiter, die in unterschiedlichen Abständen neben dem senderseitigen Lichtwellenleiter angeordnet sind, und/oder einer Formgebung der Stirnflächen der Lichtwellenleiter bzw. einem optischen System, daß vor dem faseroptischen Sensor angebracht ist.

Die Erfindung wird nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Die dazu gehörenden Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 Anordnungsschema zur berührungslosen Erfassung und Justierung des Zentrierungsfehlers optisch wirksamer Flächen,

Fig. 2 Strahlengang bei der Antastung der optisch wirksamen Fläche durch das optische Bauelement,

Fig. 3 Lageänderung des reflektierten Strahlungskegels beim Auftreffen auf die empfängerseitigen Lichtwellenleiter.

Fig. 1 zeigt das Anordnungsschema zur berührungslosen Erfassung und Justierung des Zentrierungsfehlers optisch wirksamer Flächen mittels faseroptischen Sensors, bei dem das optische Bauelement 10 sich auf einer Ringschneide 11, die mit der Aufnahme mit rotatorischem Antrieb 12 verbunden ist, befindet. Der Justiermanipulator mit positioniereinrichtung 4 ist neben der Aufnahme mit rotatorischem Antrieb 12 und Lageerkennung bzw. optischem Bauelement 10 deart angeordnet, daß er das optische Bauelement 10 bezüglich des

## DE 41 07 299 A1

3

4

faseroptischen Sensors 14 verschiebt und/oder verkippt.

Dem optischen Bauelement 10 gegenüberliegend ist ein faseroptischer Sensor 14, bestehend aus mit einem Sendebaulement 5 verbundenem senderseitigen Lichtwellenleiter 7 und zwei benachbarten empfängerseitigen Lichtwellenleitern 6, 6' angeordnet. Der empfängerseitige Lichtwellenleiter 6 ist mit der Positioniereinrichtung 3 verbunden, die eine Relativlagenänderung zwischen den empfängerseitigen und senderseitigen Lichtwellenleitern 6, 6', 7 bewirkt. Der faseroptische Sensor 14 ist mit einer Positioniereinrichtung 2 verbunden, die den faseroptischen Sensor 14 bezüglich des optischen Bauelementes 10 verschiebt und/oder verkippt.

Die positioniereinrichtungen 2, 3, 4 sowie das Sendebaulement 5 sind mit einer Auswerte- und Steuereinrichtung 1 verbunden.

Die optische Achse des optischen Bauelementes 10, gebildet durch eine gedachte Verbindung der Krümmungsmittelpunkte der oberen und unteren optisch wirksamen Flächen 8, 9, weist einen Zentrierungsfehler bezüglich der mechanischen, mit der Rotationsachse der Aufnahme mit Antrieb 12 fluchtenden Achse der Ringschneide 11 auf. Gemäß des ersten Verfahrensschrittes wird der faseroptische Sensor 14 durch die positioniereinrichtungen 2, 3 in eine Ausgangslage gebracht.

Nachfolgend wird durch den rotatorischen Antrieb der Aufnahme und Lageerkennung 12 eine Relativbewegung zwischen dem optischen Bauelement 10 und dem faseroptischen Sensor 14 eingeleitet.

Anteile eines vom senderseitigen Lichtwellenleiter 7 auf das rotierende optische Bauelement 10 abgebildeten divergenten Strahlungsbündels werden durch die obere optisch wirksame Fläche 8 reflektiert. Das reflektierte Strahlungsbündel ändert periodisch seine Richtung, wobei die Rotationsgeschwindigkeit die Periode und die Abweichung der Lage der oberen optisch wirksamen Fläche 8 das Maß der Richtungsänderung beeinflussen. Bei feststehendem faseroptischen Sensor 14 ist die Richtungsänderung des reflektierten Strahlungsbündels unabhängig von der Relativlage des senderseitigen Lichtwellenleiters 7 bezüglich der oberen optisch wirksamen Fläche 8.

Im folgenden Verfahrensschritt wird der faseroptische Sensor 14 durch die positioniereinrichtung 2 bezüglich der oberen optisch wirksamen Fläche 8 derart positioniert, daß das reflektierte Strahlungsbündel auf die empfängerseitigen Lichtwellenleiter 6, 6' trifft. Dabei ist vorzugsweise der in Fig. 3 dargestellte Fall zu erreichen, bei dem die Randstrahlen des reflektierten Strahlungsbündels die Stirnflächen der empfängerseitigen Lichtwellenleiter 6, 6' schneiden und durch die Richtungsänderung des reflektierten Strahlungsbündels eine Änderung der bestrahlten Flächen der empfängerseitigen Lichtwellenleiter eintritt.

Mit einer, durch die Positioniereinrichtung 3 bewirkten, Relativlagenänderung zwischen senderseitigem und empfängerseitigen Lichtwellenleiter 7, 6, 6' ist ebenfalls eine Positionierung des empfängerseitigen Lichtwellenleiters 6 in den Strahlengang des reflektierten Strahlungsbündels möglich. Die Amplitude des Wechselanteils des von den empfängerseitigen Lichtwellenleitern 6, 6' empfangene Signals ist ein Maß der Dezentrierung der oberen optisch wirksamen Fläche 8. Der nachfolgende Verfahrensschritt ist gekennzeichnet durch die Ermittlung der Justierstellen und -stellgrößen aus dem Verlauf des empfangenen Signales und der rotatorischen Relativlage.

Anschließend wird das optische Bauelement 10 be-

züglich des faseroptischen Sensors 14 mittels des Justiermanipulators mit Positioniereinrichtung 4 derart verschoben und/oder verkippt, daß eine Verringerung der Extrema des Wechselanteils des empfangenen Signales eintritt.

Die Verfahrensschritte des Positionierens des faseroptischen Sensors 14, der Ermittlung der Justierstellen und -größen sowie der anschließenden Manipulation wird solange wiederholt, bis der Wechselanteil des empfangenen Signals und damit die Dezentrierung der oberen optisch wirksamen Fläche 8 hinreichend klein ist.

Fig. 2 zeigt den Strahlengang bezüglich der unteren optisch wirksamen Fläche 9, deren Justierung analog zur oberen optisch wirksamen Fläche 8 erfolgt. Im Ergebnis der Justierung ist die optische Achse des optischen Bauelementes 10 bezüglich der mechanischen Achse der Ringschneide 11 ausgerichtet.

Liste der verwendeten Abkürzungen und Bezugszeichen

- 1 Auswerte- und Steuereinrichtung
- 2 Positioniereinrichtung für faseroptischen Sensor
- 3 Positioniereinrichtung für senderseitigen bzw. empfängerseitige Lichtwellenleiter
- 4 Justiermanipulator mit Positioniereinrichtung
- 5 Sendebaulement
- 6 empfängerseitige Lichtwellenleiter
- 7 senderseitiger Lichtwellenleiter
- 8 obere optisch wirksame Fläche
- 9 untere optisch wirksame Fläche
- 10 optisches Bauelement
- 11 Ringschneide
- 12 Aufnahme für Ringschneide mit rotatorischem Antrieb und Lageerkennung
- 13 sich ändernde bestrahlte Fläche der Empfangsfasern
- 14 faseroptischer Sensor

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur berührungslosen Erfassung und/oder Justierung des Zentrierungsfehlers optisch wirksamer Flächen, insbesondere von optischen Linsen, wobei die optisch wirksame Fläche eine Rotationsbewegung um eine Achse ausführt, zu der die optisch wirksame Fläche ausgerichtet werden soll, durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet:

a) Anfahren einer anordnungsspezifischen Ausgangslage zwischen einem faseroptischen Sensor (14) und der mit einem Zentrierungsfehler behafteten optisch wirksamen Fläche (8);

b) Positionieren des faseroptischen Sensors (14) zur optisch wirksamen Fläche (8) derart, daß ein vom faseroptischen Sensor (14) ausgesandtes Strahlungsbündel nach dessen Reflexion an der optisch wirksamen Fläche (8) vom faseroptischen Sensor (14) als sich mit der Frequenz der rotatorischen Relativbewegung änderndes periodisches Signal empfangen wird;

c) Ermitteln der Justierstellen und -stellgrößen aus dem Verlauf des empfangenen Signals und der rotatorischen Relativlage;

d) Verschieben und/oder Verkippen der optisch wirksamen Fläche (8) bezüglich des faseroptischen Sensors (14) derart, daß eine Verringerung der Extrema des Wechselanteils des

DE 41 07 299 A1

5

6

empfangenen Signals eintritt,

e) Wiederholung des Vorgangs unter b) bis d)  
bis der Wechselanteil des empfangenen Si-  
gnals hinreichend klein ist.

2. Anordnung zur berührungslosen Erfassung und/ 5  
oder Justierung des Zentrierungsfehlers optisch  
wirksamer Flächen bestehend aus einer Aufnahme,  
auf der sich die optisch wirksame Fläche befindet,  
mindestens einem, die Lage der optisch wirksamen 10  
Fläche verändernden, von einer Positioniereinrich-  
tung bewegten Justiermanipulator und einer Aus-  
werte- und Steuerungseinrichtung mit faseropti-  
schem Sensor, bestehend aus mindestens einem  
senderseitigen Lichtwellenleiter mit Sendebauеле- 15  
ment und mindestens einem Empfangsbauелеment,  
sowie einem eine rotatorische Relativbewegung  
zwischen Aufnahme und faseroptischen Sensor er-  
zeugenden Antrieb mit Lageerkennung dadurch  
gekennzeichnet, daß der faseroptische Sensor (14)  
der optisch wirksamen Fläche (8) gegenüber steht 20  
und durch eine Positioniereinrichtung (2) bezüglich  
der optisch wirksamen Fläche (8) bewegbar ist.

3. Anordnung nach Anspruch 2 dadurch gekenn-  
zeichnet, daß senderseitiger Lichtwellenleiter (7)  
und empfängerseitiger Lichtwellenleiter (6) durch 25  
eine Positioniereinrichtung (3) zu einander ver-  
schiebbar und/oder verkippbar angeordnet sind.

4. Anordnung nach Anspruch 2 dadurch gekenn-  
zeichnet, daß mehrere empfängerseitige Lichtwel- 30  
lenleiter (6) neben dem senderseitigen Lichtwellen-  
leiter (7) so angeordnet sind, daß sich die Stirnflä-  
chen der empfängerseitigen Lichtwellenleiter (6)  
bei um die Achse des senderseitigen Lichtwellenlei-  
ters (7) gedachten Kreisbögen mit veränderlichen 35  
Radien nacheinander überlappen, aber mindesten  
berühren.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 4  
dadurch gekennzeichnet, daß die Stirnflächen der  
Lichtwellenleiter (6, 7) eine Formgebung erhalten, 40  
die ihre geometrisch optischen Eigenschaften an  
die der optisch wirksamen Fläche (8) anpassen.

6. Anordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 4  
dadurch gekennzeichnet, daß vor dem faseropti-  
schen Sensor ein optisches System angeordnet ist,  
das die optische Abbildung des senderseitigen 45  
Strahlungsbündels an die geometrisch optischen  
Eigenschaften des zu justierenden optischen Bau-  
elementes anpaßt.

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 6  
dadurch gekennzeichnet, daß für den senderseiti- 50  
gen Lichtwellenleiter (7) ersatzweise eine das  
Strahlungsbündel erzeugende Beleuchtungsein-  
richtung angeordnet ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:

DE 41 07 299 A1

Int. Cl. 5:

G 01 M 11/02

Offenlegungstag:

10. September 1992

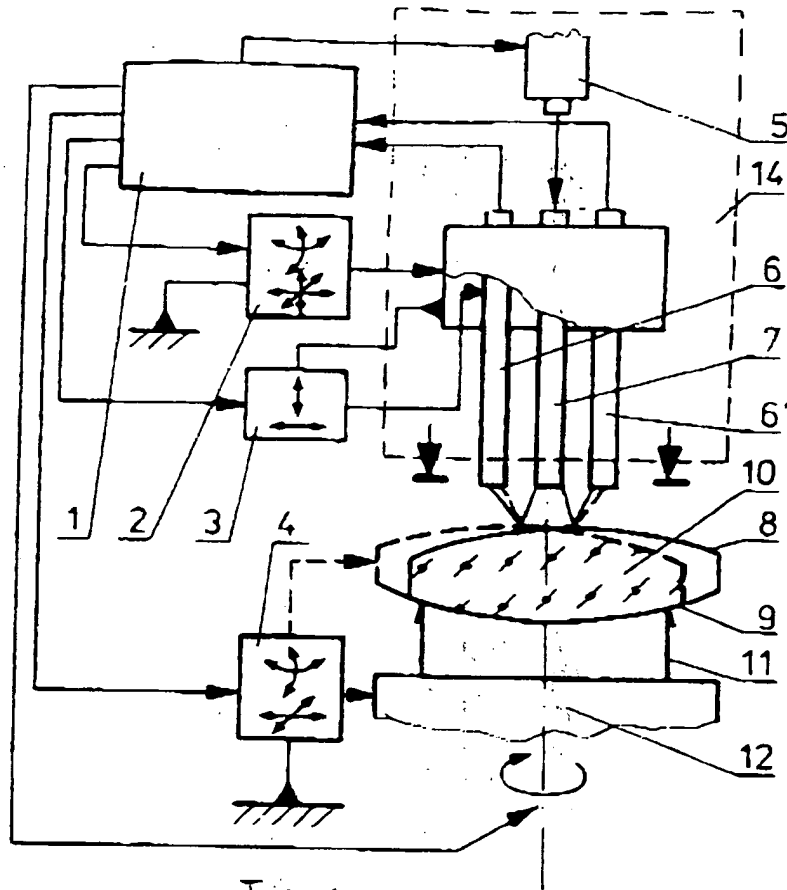


Fig. 1

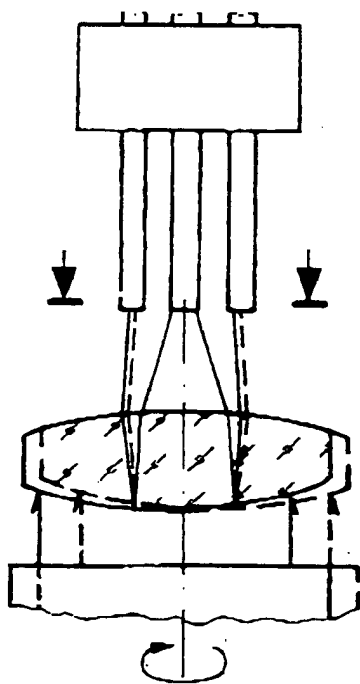


Fig. 2

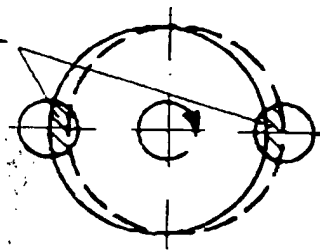
13 (Strahlungs-  
flächen-  
änderung)

Fig. 3

BEST AVAILABLE COPY